



Estudios de caso en la enseñanza aprendizaje de la tabla periódica utilizando material con formato accesible y táctil en estudiantes con discapacidad visual

Case studies in the teaching-learning of the periodic table using accessible and tactile formatting material in visually impaired students

Ana Luz Flores-Vallejo¹, Guadalupe Iveth Vargas-Rodríguez¹, Adolfo Eduardo Obaya-Valdivia¹, Carlos Eduardo Favela-Zavala¹, Álvaro Enrique Lima-Vargas² y Yolanda Marina Vargas-Rodríguez¹

Recepción: 4/05/2022

Aceptación: 23/12/2023

Resumen

Con el objetivo de mejorar la enseñanza aprendizaje de la tabla periódica en estudiantes con discapacidad visual para la inclusión educativa, se presentan dos estudios de caso con estudiantes del nivel medio superior. En el primer estudio de caso la estrategia se realizó en línea y en el segundo fue presencial. Se utilizaron materiales con formato accesible para explicar el tema de tabla periódica y sus propiedades, además de maquetas de la tabla periódica con texturas y código Braille. Finalmente, se aplicó un cuestionario y los resultados de este indicaron que las estudiantes lograron reconocer y comprender la distribución de los elementos en la tabla periódica, así como las propiedades periódicas: radio atómico, electronegatividad y potencial de ionización. Por los resultados obtenidos y los comentarios de las estudiantes esta estrategia resultó exitosa en ambos casos y puede ser aplicada en estudiantes con discapacidad visual para contribuir a la inclusión educativa.

Palabras clave

Tabla periódica, Periodicidad, Discapacidad visual, Formato accesible, Código Braille, Texturas.

Abstract

With the aim of improving the teaching-learning of the periodic table in students with visual impairment for educational inclusion, two case studies are presented with students of the upper secondary level. In the first case study the strategy was conducted online and in the second it was face-to-face. Accessible format materials were used to explain the subject of periodic table and its properties, as well as models of the periodic table with textures and Braille code. Finally, a questionnaire was applied and the results of this indicated that the students managed to recognize and understand the distribution of the elements in the periodic table, as well as the periodic properties: atomic radius, electronegativity and ionization potential. Due to the results obtained and the comments of the students, this strategy was successful in both cases and can be applied in students with visual disabilities to contribute to educational inclusion.

Keywords

Periodic table, Periodicity, Visual impairment, Accessible format, Braille code, Texture.

¹Universidad Nacional Autónoma de México, México

²Universidad Autónoma de Quintana Roo, México

Introducción

La discapacidad visual (DV) consiste en la afectación, en mayor o menor grado, o en la carencia de la visión. Las personas con DV pueden tener ceguera total o parcial (baja visión). La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD), que México firmó y ratificó en 2007, reconoce que, la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y el entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás (Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), 2016).

A nivel mundial, los niños y jóvenes con discapacidad tienen nivel de escolaridad bajo, y menos posibilidades de lograr niveles superiores de educación. En México, el nivel promedio de escolaridad reportado para las personas con discapacidad visual mayores de 15 años es de 3.7 años, promedio mucho menor que el de la población en general, estimado en 9.4 años (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), 2018).

La educación inclusiva es un derecho humano y que deben asegurar que todas las personas con discapacidad deben tener una educación adecuada, que le permita desarrollarse en una sociedad cambiante (Sánchez et al., 2020; Niembro et al., 2021).

Hay que considerar que, en el ámbito de los estudiantes con DV, a causa de la disminución de la entrada sensorial visual, el aprendizaje se da como resultado de la acción recíproca táctil-kinestésica y el sentido auditivo. De ello se deriva la importancia en el uso de estos canales de comunicación en la didáctica, destacando el uso de todos los sentidos en la enseñanza para fomentar una educación multisensorial (Llamazares et al., 2017).

El material o tecnología en formato accesible puede estar presentado en código Braille ya sea escrito o utilizando un software de transcripción Braille. El texto electrónico, es un archivo de procesamiento de texto que contiene un texto de algún libro u otro documento impreso. El texto electrónico se puede leer en letra grande en la pantalla de la computadora o por un lector de pantalla (Sukhai y Mohler, 2017). Los documentos de texto electrónico también se pueden leer en dispositivos como tabletas (Alajarmeh, 2021), y teléfonos inteligentes ya sea iOS y Android.

El material en formato accesible puede crearse de diversas maneras, si el material original se presenta impreso, se puede escanear en un software que reconoce y convierte el material impreso en formatos de audio legibles o se pueden generar presentaciones en PowerPoint, documentos de Word o en PDF con formato accesible en donde las figuras están descritas con un texto alternativo.

Se han reportado estrategias para la enseñanza aprendizaje de diversos conceptos teóricos de química para estudiantes con DV, por ejemplo, el concepto de materia (Smothers y Goldston, 2009), estructuras de Lewis (Smith, 1981), estructuras moleculares (Pereira et al., 2011; Supalo y Kennedy, 2014), balanceo de reacciones químicas (Boyd-Kimball, 2012), estructura tridimensional de compuestos orgánicos (Weldler et al., 2012), leyes de los gases (Harshman et al., 2013), y teoría cinético molecular de los gases (Lahav et al., 2018). También, se han generado materiales para la enseñanza experimental de la química para estudiantes con discapacidad visual para fomentar una educación multisensorial, por ejemplo, el olfato, tacto y sonido (Bromfield-Lee y Oliver-Hoyo, 2007), el tacto (Braille) (García Pintor y Ibáñez Cornejo, 2015), así como sonido y sensaciones (Bandyopadhyay y Rathod, 2017).

La enseñanza aprendizaje de la tabla periódica que es la base de un curso de química general es uno de los temas que presenta más dificultades de aprendizaje (Suryelita et al., 2019). Para los estudiantes con DV, es un reto aún mayor, por lo que se han utilizado estrategias didácticas con base en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), así como formatos táctiles, para la enseñanza aprendizaje de conceptos y temas relacionados a la tabla periódica como átomos (Wedler et al., 2014), elementos (Smothers y Goldston, 2009), tabla periódica en audio con código QR (Bonifacio, 2012), tablas periódicas electrónicas, (Fantin, 2016), tablas periódicas construidas con legos, táctiles para mostrar periodicidad, pero sin Braille (Melaku et al., 2016) y la tabla periódica audio táctil con Braille de Joshua A. Miele que utiliza un lápiz inteligente mostrado en vídeo de Youtube (Touchgraphicsvideo, 2022), y que puede adquirirse en línea (Touch Graphics Inc, 2022).

En México, existe el apoyo a los estudiantes con discapacidad visual que cursan educación básica secundaria, con libros de texto gratuitos que otorga la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos (CONALITEG). Estos libros están escritos en código Braille o en macrotipo (20 puntos) dependiendo de las necesidades del estudiante. Para la enseñanza de las ciencias la CONALITEG otorga el libro *Ciencias 3* con énfasis en química, que en macrotipo contiene una figura de la tabla periódica, pero en el texto en Braille no se hace ninguna referencia a ella (Conaliteg, 2022). En consecuencia, los estudiantes que cursan el nivel medio superior no conocen la estructura de la tabla periódica y carecen de materiales didácticos que les permitan conocerla, a pesar de que se realizan esfuerzos de forma aislada para diseñar y aplicar diversas estrategias para fomentar una educación inclusiva (de la Cruz Orozco, 2020).

Pregunta de investigación

¿La estrategia didáctica diseñada para los estudios de caso en estudiantes con discapacidad visual permitirá alcanzar aprendizajes significativos de la tabla y sus leyes periódicas a nivel medio superior?

Objetivo

Aplicar una estrategia didáctica basada en la utilización de material con formato accesible y maquetas de la tabla periódica con código de lectoescritura Braille y texturas, para lograr aprendizajes significativos de la tabla y sus leyes periódicas en estudiantes con discapacidad visual.

Metodología

Población y muestra

Se aplicó la estrategia a dos estudiantes de Educación Media Superior del Estado de México con DV. Cada estudiante asiste a diferentes escuelas. Caso 1: estudia en la Preparatoria de la UVM ubicada en Cuautitlán Izcalli. Caso 2: cursa la educación media superior en la Preparatoria Oficial No. 140 ubicada en Villa Nicolás Romero. Las características socioeconómicas y académicas de las estudiantes que participaron en los estudios de caso se muestran en la tabla 1.

Caso	Datos socioeconómicos	Trayectoria escolar	Discapacidad
Caso 1	Nacida en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, de edad actualmente 17 años. La hija primogénita de una familia de clase media alta. Tiene una hermana dos años menor que ella, ambas viven con sus padres.	A lo largo de su formación académica ha asistido a escuelas particulares y ha tenido profesores a domicilio que le han apoyado en sus estudios, sin embargo, estos profesores no tienen capacitación en enseñanza a personas con discapacidad visual. Maneja las ayudas técnicas que aprendió en la Fundación Ilumina A.C.	La estudiante no visualiza con su ojo izquierdo. Con su ojo derecho logra observar los objetos y a las personas como si fueran bultos generalizando el color. Pero, no aprecia la forma de los objetos.
Caso 2	Nacida en Villa Nicolas Romero. Cuenta con la edad de 15 años, es la hija menor de una familia de clase media baja con tres hermanos mayores.	Durante su formación académica, ha asistido a escuelas públicas. Le han negado la inscripción en el turno matutino por lo que se ha formado académicamente en el turno vespertino. Su mamá la acompaña físicamente a tomar las clases, para apoyarla en sus tareas escolares. La estudiante sabe escribir y leer código braille, pero no maneja otras ayudas técnicas	La estudiante tiene discapacidad visual total, de nacimiento.

TABLA 1. Características socioeconómicas de las estudiantes con discapacidad visual.

Material didáctico

Para el estudio de caso 1, se prepararon documentos con formato accesible (Word), con los distintos temas abordados en la estrategia didáctica. También, se prepararon tres maquetas de tablas periódicas. La primera con textura, volúmenes, formas y código Braille, con la información general de la tabla periódica, la segunda con los radios atómicos y la tercera con las propiedades periódicas. Para el estudio de caso 2, se hicieron maquetas adicionales, con textura, volúmenes, formas y código Braille, con la información general de la tabla periódica, cabe destacar que debemos recalcar el hecho de que sean maquetas con relieve y que presenten diferentes texturas (suave, duro, rugoso, liso, etc) esto permite a los estudiantes con discapacidad visual hacer uso de su sentido del tacto, como se mencionó anteriormente estos estudiantes tienen un aprendizaje táctil-kinestésico.

Instrumento de evaluación

Adicionalmente, se preparó un instrumento de evaluación para determinar los conocimientos adquiridos. Los reactivos del instrumento (Anexo A), se clasificaron de acuerdo con la taxonomía de Bloom (Marzano, 2007), con el nivel de reconocimiento (N1), comprensión (N2), aplicación (N3), y análisis (N4). Previamente se aplicó el cuestionario a un grupo de 29 estudiantes sin discapacidad visual, en un curso de Química I de nivel medio superior a través de un formulario de google forms (pretest y posttest). En esta investigación se validaron las preguntas del cuestionario a través de un análisis de confiabilidad utilizando el paquete estadístico SPSS. Para determinar la confiabilidad del pretest y posttest, se utilizó

el Alfa de Cronbach (Domínguez-Lara y Merino-Soto, 2015) (Ecuación 1). En donde α es el símbolo del alfa de Cronbach, K es el número de ítems, representa la suma de las varianzas de cada ítem y S_T^2 representa la varianza total. Los parámetros de aceptación para preguntas y para los instrumentos son de <0.7 .

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \quad (\text{Ec.1})$$

Estudios de caso: estudiantes con discapacidad visual

Caso 1: la estrategia aplicada a la estudiante del caso 1, se impartió en línea a través de la plataforma de videoconferencia ZOOM, utilizando archivos en Word con formato accesible. La estudiante utilizó el programa JAWS, instalado en su computadora personal que es un software de lector de pantalla para los usuarios de computadoras cuya pérdida de visión les impide ver el contenido de la pantalla. JAWS lee en voz alta lo que está en la pantalla de la PC. Además, durante las sesiones, la estudiante se apoyó en las tablas periódicas con volumen, textura y Braille. La estudiante, realizó las actividades en su computadora.

Caso 2: la estrategia se realizó de forma presencial, en un grupo de nivel medio superior que incluyó a 15 estudiantes sin discapacidad visual. Cabe hacer mención que, las clases se impartieron utilizando presentaciones en PowerPoint, y las actividades se realizaron con el apoyo de las maquetas de las tablas periódicas con volumen, textura y código Braille. La estudiante no contó con un lector en su computadora, en consecuencia, las actividades las realizó en Braille.

En ambos estudios de caso, se aplicó la estrategia didáctica en 5 sesiones de 50 minutos cada una (Tabla 2). El cuestionario únicamente se aplicó al final de la estrategia didáctica, de forma personal (caso 1 en línea, caso 2 de forma presencial) y con el apoyo de las maquetas de las tablas periódicas, el docente tomó nota de sus respuestas y observó sus actitudes. Finalmente, las estudiantes vertieron su opinión respecto a la forma en que se desarrollaron las sesiones y al material utilizado.

Clase	Tema de Clase	Herramientas y actividad
1	Introducción a la tabla periódica Antecedentes históricos tabla periódica	Caso 1: Se realizó un documento accesible en Word y en PowerPoint, con el que se explicó el tema de antecedentes de la tabla periódica. Adicionalmente, la estudiante escuchó la presentación en su computadora. Caso 2: El docente explicó el tema de forma presencial utilizando una presentación en PowerPoint.
2	Estructura de la tabla periódica Grupos o períodos y sus propiedades	Caso 1: durante las sesiones de Zoom se explicó el tema a la estudiante mediante un documento en formato accesible en Word con la información de la estructura de la tabla periódica. Caso 2: a la estudiante se le explicó el tema con una presentación de PowerPoint. Actividad 1: las estudiantes realizaron una línea del tiempo donde colocaron fechas relevantes acerca del tema de estructura de la tabla periódica (caso 1: en computadora y caso 2: en papel utilizando Braille).

TABLA 2. Estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la tabla periódica.

3	Metales, no metales, metaloides y sus propiedades periódicas: Radio atómico	<p>Caso 1: se presentó a la estudiante un documento accesible en Word con la información de metales y no metales y propiedades periódicas.</p> <p>Caso 2: se presentó a la estudiante el tema respectivo mediante una presentación de PowerPoint.</p> <p>Para la actividad ambas estudiantes realizaron un escrito libre con los conceptos más relevantes de grupos y períodos.</p>
4	Propiedades periódicas: Energía de ionización y afinidad electrónica Propiedades periódicas: Electronegatividad.	<p>Caso 1: se presentó el tema de propiedades periódicas en un documento con formato accesible en Word con la información de propiedades periódicas.</p> <p>Caso 2: se explicaron las propiedades periódicas con una presentación de PowerPoint. Posteriormente, se explicaron las tendencias de estas utilizando las maquetas de las tablas periódicas, en donde la estudiante con DV se integró con sus compañeros y no recibió ninguna atención especial. Cabe destacar que, era la primera vez que las estudiantes interactúan con las tablas periódicas con relieve y texturas.</p>
5	Repaso de la tabla y propiedades periódicas	Las estudiantes realizaron un resumen de las propiedades periódicas mencionando el concepto y la tendencia.
6	Evaluación	Caso 1 y 2: se aplicó un cuestionario en donde el docente leyó cada pregunta y las opciones de respuesta, y las estudiantes contestaron.

Resultados y discusión

En la tabla 3. se presentan los resultados de la validez del pretest y postest mediante el Alfa de Cronbach. Los resultados de los instrumentos mostraron valores 0.819 para el pretest y 0.821 para el postest. Por su parte, los resultados de las preguntas si se considera que esa pregunta es eliminada indicaron 0.800 y 0.827 para el pretest y valores entre 0.780 y 0.828 para el postest (Anexo B). Estos resultados indican la validez de los instrumentos (pretest y postest) así como la validez de las 20 preguntas correspondientes al presentar valores superiores a 0.700. Por tanto, no es necesario eliminar ninguna de las preguntas del cuestionario.

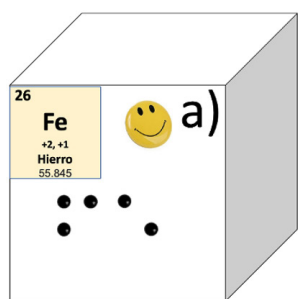
Estadísticas de confiabilidad					
Alfa de Cronbach		Alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados		Número de elementos	
Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
,819	,821	,825	,826	20	20

TABLA 3. Alfa del instrumento general.

Durante la aplicación de la estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la tabla periódica, las estudiantes con DV utilizaron las maquetas de las tablas periódicas. En el caso 1, se utilizaron tres maquetas. La primera de ellas con la información sobre generalidades de la tabla, con volúmenes diferentes para cada grupo, en cada cubo se colocó el nombre del símbolo en código braille, así como la representación simbólica del

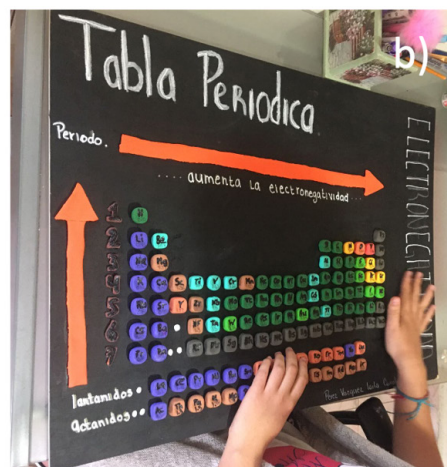
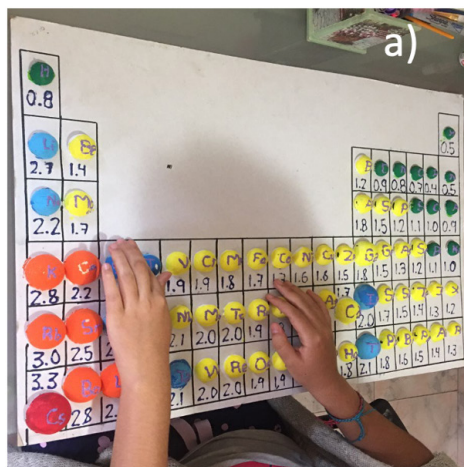
elemento, el número atómico, los números de oxidación y la masa atómica, para las personas normo-visuales, a pesar de que no había otros estudiantes durante la aplicación de la estrategia (Figura 1a). Para identificar los estados de agregación sólido, líquido, gas y sintético, la superficie de cada cubo se cubrió con papel de diferentes texturas, papel corrugado (rojo), foami (azul brillante), papel (blanco) y terciopelo (rosa), respectivamente. Adicionalmente, se colocaron pines de diferente forma para indicar a los grupos: alcalinos, alcalinotérreos, etcétera (Figura 1b).

FIGURA 1. a) Contenido de cada casilla en Braille (símbolo del elemento) en alfabeto latino y números arábigos (número atómico, símbolo, estados de oxidación, masa atómica) y con pines (grupos); b) Tabla periódica, cada casilla con diferente textura para indicar el estado de agregación del elemento.



También, se utilizó otra tabla referente al radio atómico (Figura 2a), en este caso la tabla periódica se construyó con bolitas de unicel partidas por la mitad que simbolizan cada elemento químico de la tabla periódica con tamaños “proporcionales” al radio atómico, sobre cada semiesfera se escribió con pintura inflable el símbolo del elemento químico y el radio atómico (en alfabeto latino y números arábigos). La tercera tabla (Figura 2b), contiene la propiedad periódica de electronegatividad. La tabla tiene representados a los elementos con plastilina de diferentes colores representando los diferentes grupos, también tiene presentes flechas que indican la tendencia de esta propiedad (si es ascendente o descendente).

FIGURA 2. Enseñanza aprendizaje de: a) radio atómico y b) Electronegatividad en el estudio de caso 1.



Para el caso 2, la estrategia se aplicó de forma presencial en un grupo de alumnos normo visuales y una alumna con discapacidad visual. Se utilizaron maquetas adicionales debido a que había más estudiantes. La segunda maqueta de generalidades de la tabla periódica, se realizó sobre madera, con el símbolo y número atómico en Braille Neue que es una tipografía inclusiva que combina braille y letras visibles (Takahashi, 2022), en este caso del alfabeto latino y números arábigos (Figura 3a).

Para indicar el estado de agregación de cada elemento se colocaron materiales con diferentes con texturas: algodón para indicar que es un gas, foami corrugado para los sólidos, foami liso para los elementos que son líquidos y por último papel terciopelo para mostrar qué elementos son sintéticos. También, se colocaron pines de colores para indicar la clasificación de la tabla periódica en metales, no metales, metaloides y metales de transición.

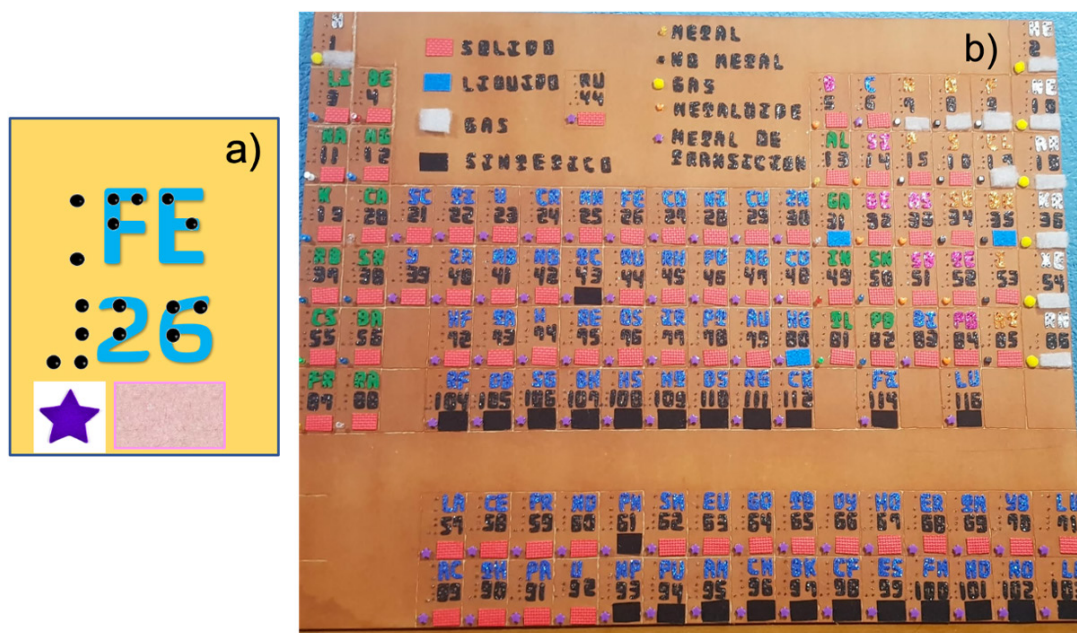


FIGURA 3. a) Contenido de cada casilla de la tabla periódica en Braille Naue y en alfabeto latino y números arábigos (símbolo del elemento y número atómico), con pines para su clasificación, texturas (estados de agregación de los elementos y b) Tabla periódica completa con texturas y Braille Naue..

Al término de la aplicación de la estrategia didáctica, se aplicó un cuestionario en donde el profesor leyó las preguntas y las opciones de respuesta. Las respuestas del cuestionario se presentan en la Tabla 4.

Las preguntas de N1 (1, 2, 3, 9 - 12), en las que deben recordar términos o conceptos como tabla periódica, grupo, período y propiedades periódicas como electronegatividad, radio atómico y afinidad electrónica, las estudiantes contestaron con facilidad. Lo anterior sugiere que el material con formato accesible que se les presentó a ambas estudiantes, así como las actividades, lograron el objetivo de que las estudiantes reconocieran los conceptos de manera clara.

Respecto a las preguntas de N2 (4-8 y 13), que indica la comprensión de las tendencias de la tabla periódica, a través de comparar o inferir las propiedades de elementos o grupos seleccionados, las estudiantes primero utilizaron las tablas de generalidades para ubicar a los elementos y posteriormente las tablas de tendencias de las leyes periódicas, para contestar correctamente. Las estudiantes demostraron que lograron la comprensión suficiente para organizar y ordenar la información al contestar correctamente, por ejemplo, la pregunta 4. De los elementos Ge, S y Mg ¿Quién es el más electronegativo?, logrando

con ayuda de las tablas táctiles dar la respuesta correcta. Para las preguntas de N2 fue fundamental el uso de las tablas periódicas. Estos resultados mostraron la importancia del material didáctico con Braille, con volumen proporcional al radio atómico y las flechas con volumen para indicar las tendencias de electronegatividad para las personas con DV, para lograr la comprensión de las leyes periódicas.

En cuanto a las preguntas de N3 (14 - 16), en donde los estudiantes deben aplicar sus conocimientos de periodicidad, contestaron con dificultad, pero de forma correcta. Esto se debe a que estas preguntas manejan dos conceptos simultáneamente. La única pregunta que ambas estudiantes no pudieron contestar fue la 16, ya que no lograron comprender por qué el radio atómico se incrementa a medida que se desciende en un grupo, probablemente porque no se abordó con suficiente profundidad el tema.

Finalmente, en las preguntas del nivel 4, en donde las estudiantes tenían que categorizar a ciertos elementos, tuvieron diferentes resultados. En el caso de la pregunta 17, en la deberían predecir a qué grupo pertenecería el elemento 118, la estudiante del caso 1, no la pudo contestar, debido a que las tablas que utilizó no contenían el número atómico, por lo que no logró predecir en dónde estaría colocado ese elemento. En el caso 2, ocurrió lo contrario la estudiante localizó fácilmente en dónde estaría ubicado el elemento 118 y contestó correctamente. Respecto a las preguntas 18 y 20 en donde deberían categorizar a qué grupo pertenecían ciertos elementos “desconocidos” con base al bloque al que pertenecen, su estado de agregación y algunas otras propiedades, primero las estudiantes identificaron los bloques y las texturas que indican los estados de agregación y posteriormente contestaron correctamente. Este resultado sugiere que las texturas para identificar los estados de agregación en la tabla periódica fueron un apoyo importante, al igual que el material con formato accesible y el código Braille.

No. Reactivo	Nivel Taxonómico	Tema	Respuestas correctas				Respuestas incorrectas	
			Con facilidad		Con apoyo de las tablas periódicas		Sin respuesta	
			C1	C2	C1	C2	C1	C2
1	1	Tabla periódica	Sí	Sí				
2	1	Grupo	Sí	Sí				
3	1	Período	Sí	Sí				
4	2	Electronegatividad			Sí	Sí		
5	2	Radió atómico			Sí	Sí		
6	2	Afinidad electrónica			Sí	Sí		
7	2	Potencial de ionización			Sí	Sí		
8	2	Energía de ionización	Sí	Sí				
9	1	Electronegatividad	Sí	Sí				

TABLA 4. Respuestas de las estudiantes con discapacidad visual durante la resolución del cuestionario. C1: caso 1 y C2: caso2.

10	1	Radio atómico	Sí	Sí				
11	1	Energía de ionización	Sí	Sí				
12	1	Masa atómica	Sí	Sí				
13	3	No metales			Sí	Sí		
14	3	Electronegatividad			Sí	Sí	Sí	Sí
15	3	Radio atómico			Sí	Sí	Sí	Sí
16	3	Radio atómico						Sí Sí
17	4	Predicción				Sí		Sí
18	4	Propiedades			Sí	Sí		
19	4	Propiedades			Sí	Sí		
20	4	Bloques			Sí	Sí		

En cuanto a los comentarios de las estudiantes con DV (Tabla 5), en el estudio de caso 1, la estudiante que ya había manejado de forma recurrente los materiales con formato accesible mostró satisfacción hacia las maquetas de la tabla periódica. Mencionó que *con las maquetas logró comprender con mayor facilidad la distribución de los elementos de la tabla periódica en sus diversos grupos y períodos, así como el tamaño en el caso del radio atómico y que las flechas le ayudaron a comprender las tendencias.*

En el caso 2, la estudiante también se mostró muy satisfecha con las maquetas de la tabla periódica, pero sus comentarios se inclinaron hacia la inclusión educativa como: *“sentí que tenía más oportunidades de aportarles algo a mis compañeros”, “me sentía incluida” y “tuve más oportunidades de aprender y participar y así poder trabajar con mis compañeros”.*

Caso 1 (personal, en línea)

A mí me gustó trabajar con las tablas periódicas, debido a que contaban con realce, lo cual me ayudó a poder comprender con mayor facilidad la distribución de los elementos de la tabla periódica en sus diversos grupos y períodos.

Me gustó que los radios atómicos hayan sido representados por tamaño ya que eso me proporcionó una forma más sencilla de identificarlos.

Me agradó mucho que una de las tablas tuviera flechas que indiquen las tendencias debido a que eso ayuda a hacer la tabla más entendible.

Me gustó que las tablas estuvieran hechas con materiales reciclables, además que los números tenían un tamaño adecuado para que las personas con baja visión pudieran alcanzar a leer los números inscritos en los elementos.

Caso 2 (grupal, presencial)

Lo que yo sentí al tocar las tablas fue que era una experiencia totalmente nueva para mí, y sentí que tenía más oportunidades de aportarles algo a mis compañeros.

Me sentí incluida ya que pude participar cuando yo lo necesite al tener el material y poder entender lo que se me estaba explicando.

Aprender de una forma distinta. Tuve más oportunidades de aprender y participar y así poder trabajar con mis compañeros.

Me gustaría que hubiera más material didáctico ya que siento que me favorece demasiado y fortalecería mis aprendizajes adquiridos.

TABLA 5. Opiniones de las estudiantes con discapacidad visual.

Conclusiones y perspectivas

La aplicación de la estrategia didáctica a estudiantes con discapacidad visual utilizando materiales en formato accesible fue importante para que las estudiantes lograran los aprendizajes esperados. Sin embargo, las maquetas de las tablas periódicas fueron aún más relevantes tanto para la enseñanza del tema, como para la evaluación de los aprendizajes a través del cuestionario. Ambas estudiantes lograron reconocer conceptos de la tabla periódica como grupo, período, propiedad periódica, electronegatividad, radio atómico, afinidad electrónica y la distribución de los elementos en la tabla periódica. También lograron comprender las tendencias de las leyes periódicas. Así como, analizar las propiedades de algunos elementos en particular.

De acuerdo con la evaluación y sus opiniones, las dos estudiantes adquirieron el mismo aprendizaje cognitivo, aunque la estudiante del caso 1, contestó con mayor rapidez debido a que ella está acostumbrada al manejo de los materiales con formato accesible.

Los comentarios de las estudiantes fueron dirigidos totalmente hacia las maquetas de la tabla periódica, mostrando una completa satisfacción y motivación al trabajar con ellas. En el caso 1, le agradaron los volúmenes, texturas, cambios proporcionales de tamaño y las flechas para indicar las tendencias en las propiedades de la tabla periódica. En el estudio de caso 2, la estudiante se sintió incluida, Por lo que esta estrategia logró la inclusión educativa, durante la aplicación de la estrategia didáctica.

En conclusión, el material en formato accesible y las maquetas de las tablas periódicas con volumen, texturas y en su caso con Braille, permitieron a las estudiantes utilizar su sentido auditivo y su sentido táctil-kinestésico para el aprendizaje de la estructura y propiedades de la tabla periódica.

Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa DGAPA UNAM-PAPIME PE203222. También se agradece a Elihu Sebastián González Balderas por la elaboración de algunas de las maquetas y a la M. A. Suemi Lima Vargas por la edición de figuras.

Referencias

- Alajarmeh, N. (2021). *Non-visual access to mobile devices: A survey of touchscreen accessibility for users who are visually impaired*. *Displays*, 70, 102081. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2021.102081>
- Bandyopadhyay, S. y Rathod, B. B. (2017). The Sound and Feel of Titrations: A Smartphone Aid for Color-Blind and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, 94(7), 946–949. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00027>
- Bonifacio, V. D. (2012). QR-Coded Audio Periodic Table of the Elements: A Mobile-Learning Tool. *Journal of Chemical Education*, 89(4), 552-554. <https://doi.org/10.1021/ed200541e>
- Boyd-Kimball, D. (2012). Adaptive Instructional Aids for Teaching a Blind Student in a Nonmajors College Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 89 (11), 1395–1399. <https://doi.org/10.1021/ed1000153>

- Bromfield-Lee, D. C. y Oliver-Hoyo, M. T. (2007). A Qualitative Organic Analysis That Exploits the Senses of Smell, Touch, and Sound. *Journal of Chemical Education*, 84(12), 1976. <https://doi.org/10.1021/ed084p1976>
- García Pintor, E. y Ibáñez Cornejo, J. G. (2015). *Experiencia Tacto y Contacto: Química Experimental para Personas con Discapacidad Visual*. Universidad Iberoamericana.
- Conaliteg, (2022). Educación Especial. Libros de Texto Gratuitos en sistema Braille y Macrotypo. Comisión Nacional de libros de texto gratuitos. <https://www.conaliteg.sep.gob.mx/especial.html>
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos (2018). La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y su Protocolo Facultativo (2a. ed.). Comisión Nacional de los Derechos Humanos. <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-05/Discapacidad-Protocolo-Facultativo%5B1%5D.pdf>
- de la Cruz Orozco, I. (2020). Educación inclusiva en el nivel medio-superior: análisis desde la perspectiva de directores, *Sinéctica Revista Electrónica de Educación*, 54, e978. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2020\)0054-008](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2020)0054-008)
- Domínguez-Lara, S., y Merino-Soto, C. (2015). ¿Por qué es importante reportar los intervalos de confianza del coeficiente alfa de Cronbach? *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13(2), 1326-1328. <https://bit.ly/2VsyUVL>
- Fantin, D., Sutton, M., Daumann, L. J., y Fischer, K. F. (2016). Evaluation of Existing and New Periodic Tables of the Elements for the Chemistry Education of Blind Students. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1039–1048. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00636>
- Harshman, J., Bretz, S. L., Yezierski, E. (2013). Seeing Chemistry through the Eyes of the Blind: A Case Study Examining Multiple Gas Law Representation. *Journal of Chemical Education*. 2013, 90 (6), 710–716. <https://doi.org/10.1021/ed3005903>
- INEE, (2018). Panorama Educativo de México. Indicadores del Sistema Educativo Nacional 2018. Educación básica y media superior. Indicadores educativos. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P1B117.pdf>
- Lahav, O., Hagab, N., El Kader, S. A., Levy, S. T., y Talis, V. (2018). Listen to the models: Sonified learning models for people who are blind. *Computers y Education*, 127, 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.020>
- Llamazares, J.E., Arias, A.R., Melcon, M.A. (2017). Revisión teórica de la discapacidad visual, estudio sobre la importancia de la creatividad en la educación. *Sophia*, 13 (2), 106-119. <https://dx.doi.org/10.18634/sophiaj.13v.2i.666>
- Marzano, R. y Kendal, J.S. (2007) *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Corwin Press.
- Melaku, S., Schreck, J. O., Griffin, K., y Dabke, R. B. (2016). Interlocking Toy Building Blocks as Hands-On Learning Modules for Blind and Visually Impaired Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1049–1055. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00252>

Niembro, C. A., Gutiérrez, J. L., Jiménez, J. A., Tapia, E. E. (2021). La Inclusión Educativa en México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 8 (2), 42-51. <http://www.reibci.org/publicados/2021/ago/430>

0108.pdf Celina Oviedo¹, Heidi y Campo-Arias, Adalberto (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n4/v34n4a09.pdf>.

Pereira, F., Aires-de-Sousa, J., Bonifacio, V. D.; Mata, P.; Lobo, A. M. (2011). MOLinsight: A Web Portal for the Processing of Molecular Structures by Blind Students. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 361-362. <https://doi.org/10.1021/ed100723v>

Sánchez, Y. E., Rodríguez, A. V., y Reyes, E. A. (2020). *Teaching Biophysics to Blind or Low Vision (BLV) Students at Middle School. Biophysical Journal*, 118(3), 317a. [10.1016/j.bpj.2019.11.1784](https://doi.org/10.1016/j.bpj.2019.11.1784)

Smith, D. (1981) Teaching Aids for Visually Handicapped Studnets in Introductory Chemistry Courses. *Journal od Chemical Education*, 58(3), 226-227. <https://doi.org/10.1021/ed058p226>

Smothers, S. M., y Goldston, M. J. (2009). Atoms, elements, molecules, and matter: An investigation into the congenitally blind adolescents' conceptual frameworks on the nature of matter. *Science Education*, 94(3), 448-477. <https://doi.org/10.1002/sce.20369>

Supalo, C. A. y Kennedy, S. H. (2014) Using Commercially Available Techniques To Make Organic Chemistry Representations Tactile and More Accessible to Students with Blindness or Low Vision. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1745-1747. <https://doi.org/10.1021/ed4005936>

Sukhai, M. A., y Mohler, C. E. (2017). Accessible formats in science and technology disciplines. *Creating a Culture of Accessibility in the Sciences*. Elsevier.

Suryelita, S., Guspatni, G., Defriati, P. (2019). Description of learning difficulties on atomic structure and periodic table topics of tenth grade students in SMAN 7 Padang. *Journal of Physics: Conf. Series*. 1317 012147. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1317/1/012147>

Takahashi, K. (2022). Braille Neue: A Universal Typeface by Kosuke Takahashi That Combines Braille and Visible Characters. <https://brailleneue.com/>

Touchgraphicsvideo (2022, 13 de septiembre). Audio tactile Apps for the Livescribes Pulse Pen https://www.youtube.com/watch?v=eOtHT_flaoY

Touch Graphics Inc. (13 de septiembre de 2022). <http://mail.touchgraphics.com/index.html>

Wedler, H. B., Boyes, L.; Davis, R. L.; Flynn, D.; Franz, A.; Hamann, C. S.; Harrison, J. G.; Lodewyk, M. W.; Milinkevich, K. A.; Shaw, J. T.; Tantillo, D. J.; Wang, S. C. (2014). Nobody Can See Atoms: Science Camps Highlighting Approaches for Making Chemistry Accessible to Blind and Visually Impaired Students. *Journal of Chemical Education*, 91 (2), 188-194. <https://doi.org/10.1021/ed300600p>

Anexo A

Cuestionario

1.- ¿La tabla periódica, es?

- a) Organización gráfica de los elementos químicos de acuerdo con su número de protones
- b) Acomodo de los diversos compuestos en grupos y periodos
- c) Clasificación de los elementos de acuerdo con sus propiedades físicas.
- d) Repetición periódica de sus propiedades cuando se ordenan por número ascendente de masa atómica.

2.- Una característica de un grupo es:

- a) Los elementos presentan propiedades químicas diferentes
- b) Los elementos presentan un número ascendente de número atómico
- c) Los elementos presentan propiedades físicas similares
- d) Los elementos en su configuración electrónica coinciden en el tipo de orbital en el que se ubica el último electrón de valencia.

3.- Los periodos

- a) Son filas donde los elementos presentan propiedades similares de acuerdo con su número atómico
- b) Son las filas que representan los niveles de energía en los átomos llevan orden ascendente de acuerdo con su número atómico.
- c) Son las filas de los elementos que presentan los números atómicos de forma descendente.
- d) Son las filas donde los elementos que presentan propiedades químicas y físicas diferentes en orden descendente de acuerdo con su número atómico.

4.- De los elementos Ge, S y Mg ¿Quién es el más electronegativo?

- a) Azufre
- b) Magnesio
- c) Germanio
- d) Ninguno

5.- Entre el C, N y O ¿Quién presenta el menor radio atómico?

- a) Nitrógeno y oxígeno
- b) Nitrógeno
- c) Oxígeno
- d) Carbono

6.- Entre el Si, Na y S, ¿cuál de estos elementos presenta mayor afinidad electrónica?

- a) Azufre y sodio
- b) silicio
- c) sodio
- d) azufre

7.- Entre el S, Cu y Br, ¿Quién presenta menor energía de ionización?

- a) Azufre
- b) cobre
- c) bromo
- d) ninguno

8.- Cómo es la tendencia que siguen los átomos de los elementos desde el grupo 1 al 18, respecto a su energía de ionización:

- a) Disminuye desde el grupo 15
- b) Aumenta
- c) Permanece constante
- d) Disminuye

9.- Es una medida de la fuerza de atracción que ejerce un átomo sobre los electrones de valencia de otro en un enlace:

- a) Energía de Ionización
- b) Fuerza iónica
- c) Afinidad electrónica
- d) Electronegatividad

10.- La mitad de la distancia entre los núcleos de los átomos en una molécula diatómica es el:

- a) Energía de Ionización
- b) Radio atómico
- c) Afinidad electrónica
- d) Electronegatividad

11.- A la energía que libera un átomo neutro en estado gaseoso al captar un electrón para formar un anión, se le conoce como:

- a) Afinidad electrónica
- b) Fuerza iónica
- c) Energía de ionización
- d) Radio atómico

12.- El acomodo de los elementos químicos en los modelos anteriores a la actual tabla periódica, estaba en función del:

- a) Número de Electrones
- b) Masa atómica
- c) Número de oxidación
- d) Número atómico

13.-¿Cuál de los siguientes grupos está integrado exclusivamente por no metales?

- a) 13
- b) 17
- c) 1
- d) 15

14. Al descender por un grupo de la tabla periódica ¿Cuál par de propiedades atómicas siguen la misma tendencia?

- a) El radio atómico y la energía de ionización
- b) El radio iónico y el radio atómico
- c) La energía de ionización y el radio iónico
- d) El radio iónico y la electronegatividad

15.- Todos los enunciados siguientes son verdadero excepto

- a) El radio atómico del Na es menor que el radio atómico del Mg.
- b) La electronegatividad del C es mayor es mayor que la electronegatividad el B.
- c) El radio iónico del bromuro es mayor que el radio atómico del Br.
- d) La primera energía de ionización del K, es mayor que la primera energía de ionización del Rb.

16.- ¿Cuál de las siguientes razones no explica porque los radios atómicos aumentan a medida que se desciende por un grupo?

- a) Protección de electrones internos (o fuerza de repulsión interna)
- b) Electrones de valencia en orbitales más grandes
- c) Aumento de carga en el núcleo
- d) Todas las anteriores

17. Puede pronosticarse que el elemento 118 tendrá propiedades semejantes a un_____.

- a) Gas noble
- b) Metaloide
- c) Halógeno
- d) Metal alcalinotérreo

Utiliza la tabla para responder las preguntas 18 a 20

Características de los elementos		
Elemento	Bloque	Característica
X	s	Sólidos, blando; reacciona rápidamente con el oxígeno
Y	p	Gas a temperatura ambiente, forma sales
Z	-	Gas inerte

18.- ¿A qué grupo es más probable que pertenezca el elemento X?

- a) 1
- b) 17
- c) 18
- d) 6

19.- El elemento Y probablemente es _____.

- a) Un metal alcalino
- b) Un metal alcalinotérreo
- c) Un halógeno
- d) Un metal de transición

20.- El elemento Z se encuentra más probablemente en el

- a) Bloque s
- b) Bloque p
- c) Bloque d
- d) Bloque f

Anexo B

Pregunta	Media de la escala si se elimina el elemento		Variación de la escala si se elimina el elemento		Correlación elemento-total corregida		Correlación Múltiple al Cuadrado		Alfa de Cronbach si se elimina el elemento	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
1.- ¿La tabla periódica, es?	35,482	34,517	90,901	83,259	,052	,105	,938	,732	,823	,824
2.- Una característica de un grupo es:	35,137	34,172	86,195	80,148	,272	,234	,910	,728	,817	,821
3.- Los periodos	35,206	34,310	83,099	76,007	,477	,525	,801	,792	,808	,807
4.- De los elementos Ge, S y Mg ¿Quién es el más electronegativo?	35,241	34,379	83,618	78,387	,529	,487	,991	,856	,806	,811
5.- Entre el C, N y O ¿Quién presenta el menor radio atómico?	34,931	34,137	83,638	77,552	,332	,331	,726	,796	,815	,817
6.- Entre el Si, Na y S, ¿cuál de estos elementos presenta mayor afinidad electrónica?	35,206	34,344	83,813	78,305	,410	,369	,997	,876	,811	,815
7.- Entre el S, Cu y Br, ¿Quién presenta menor energía de ionización?	35,172	34,275	84,433	79,493	,443	,358	,986	,931	,810	,815
8.- Cómo es la tendencia que siguen los átomos de los elementos desde el grupo 1 al 18, respecto a su energía de ionización:	34,896	34,069	78,025	72,281	,557	,562	,997	,902	,801	,803

9.- Es una medida de la fuerza de atracción que ejerce un átomo sobre los electrones de valencia de otro en un enlace:	35,379	34,413	88,244	82,823	,143	,075	,992	,899	,824	,828
10.- La mitad de la distancia entre los núcleos de los átomos en una molécula diatómica es el:	34,172	33,241	86,862	78,975	,149	,199	,950	,897	,827	,826
11.- A la energía que libera un átomo neutro en estado gaseoso al captar un electrón para formar un anión, se le conoce como:	35,275	34,206	82,350	74,956	,498	,543	,930	,959	,806	,811
12.- El acomodo de los elementos químicos en los modelos anteriores a la actual tabla periódica, estaba en función del:	35,137	34,241	82,266	76,047	,598	,592	,880	,808	,803	,806
13.- Cual de los siguientes grupos está integrado exclusivamente por no metales	35,137	34,137	84,409	76,980	,378	,419	,996	,907	,812	,808
14. Al descender por un grupo de la tabla periódica ¿Cuál par de propiedades atómicas siguen la misma tendencia?	34,206	33,310	77,170	69,079	,569	,631	,877	,873	,800	,798

15.- Todos los enunciados siguientes son verdaderos excepto:	34,620	33,689	82,601	75,436	,376	,402	,787	,762	,813	,813
16.- ¿Cuál de las siguientes razones no explica porque los radios atómicos aumentan a medida que descienes por un grupo?	34,379	33,448	83,315	75,970	,290	,316	,953	,926	,819	,820
21. Puede pronosticarse que el elemento 118 tendrá propiedades semejantes a un_____.	35,379	34,413	84,672	78,466	,460	,446	,976	,780	,809	,812
22. ¿A qué grupo es más probable que pertenezca el elemento X?	34,206	33,344	80,527	72,734	,560	,583	,984	,890	,802	,814
23. El elemento Y probablemente es _____	34,586	33,689	84,394	78,365	,431	,423	,987	,908	,810	,813
24. El elemento Z se encuentra más probablemente en el ____	34,655	33,724	82,805	78,707	,384	,316	,980	,898	,812	,817